

Naturkatastrophen – Risiken und Reaktionen

Peil, Udo

Veröffentlicht in:
Abhandlungen der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft Band 59, 2007,
S.129-151



J. Cramer Verlag, Braunschweig

Naturkatastrophen – Risiken und Reaktionen*

UDO PEIL

Stahlbau, TU-Braunschweig
Beethovenstraße 51, D-38106 Braunschweig



1. Einleitung

„Vater, es wird mir eng im weiten Land, da geh ich lieber unter die Lawinen“ sagt Walther, der Sohn Wilhelm Tells, als dieser ihm bei einem Gang in die Stadt von der Unterdrückung und Unfreiheit außerhalb der Berge erzählt. Der Satz führt uns direkt in die Problematik des Umgangs mit Naturgefahren: Es

* (Eingegangen 10.03.2008) Der Vortrag wurde am 10.02.2006 vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

geht immer um ein Abwägen von Gütern und Werten im Vergleich zu den Gefahren. Bei Schiller wird das Gut „Freiheit“ gegen die Gefahr „Lawinen“ gewogen und – wie beim Idealisten Schiller nicht anders zu erwarten – neigt sich die Waagschale zu Gunsten der Freiheit. Ein solches Abwägen ist Bestandteil des täglichen Lebens: Wenn man es eilig hat und noch schnell die stark befahrene Straße überquert, nimmt man das höhere Risiko auf sich. Der Bauer in Bangladesh ist sich der Überschwemmungsgefährdung wohl bewusst, baut aber – mangels Alternativen – dennoch dort an, weil er sich zumindest für dieses Jahr eine Ernte erhofft.

Die Abwägung von Risiken hängt zusammen mit der persönlichen Kenntnis der Gefahr und der Einschätzung der eigenen Fähigkeiten, mit ihr umzugehen. Mit dem Verkehr sind wir vertraut und glauben, uns und unsere Fähigkeiten zu kennen. Eine der wesentlichen Ursachen für die weit verbreitete Ablehnung der Kernenergie ist das Gefühl, etwas gänzlich Unbekanntem und Unbeeinflussbarem ausgeliefert zu sein. Die geringere Bedeutung, die heute den Naturgefahren beigemessen wird, hat sicher auch eine ihrer Ursachen in der zunehmenden Entfremdung von der Natur. Die Menschen ignorieren die Standortrisiken bewusst, wenn die sonstigen sozialen und wirtschaftlichen Bedingungen stimmen, wie am Beispiel der Bevölkerungsdichte im hoch erdbebengefährdeten Bereich von San Francisco, Silicon Valley bis nach Los Angeles deutlich wird.

2. Definitionen: Sterbewahrscheinlichkeit und Risiko

Aus den amtlichen Sterbestatistiken, die stets auch den Grund mit erfassen, lässt sich die Häufigkeit oder die Wahrscheinlichkeit ermitteln, innerhalb eines Jahres an einer Tätigkeit zu sterben: So sterben jedes Jahr ca. 7.000 bis 8.000 Personen an Autounfällen. Die Sterbehäufigkeit ist dann definiert als die Zahl der Todesopfer pro Jahr bezogen auf die Bevölkerungszahl. In Deutschland beträgt sie also ca. $7.500/75.000.000 = 1/10.000$ pro Jahr. Interessant ist der Vergleich mit anderen Risiken [1]:

– Dschungelkinder in den ersten beiden Jahren.....	1: 4
– Deutscher Soldat im 2. Weltkrieg.....	1: 14
– Tod durch Krebs.....	1: 180
– Tod durch Rauchen.....	1: 280
– Tod durch aktives Bergsteigen.....	1: 1.000
– Tod durch Autofahren.....	1: 10.000
– Tod bei Flugzeugabsturz.....	1: 100.000
– Tod durch Naturkatastrophen USA: Erdbeben, Hochwasser	1: 1.200.000
– Tod durch Radioaktivität bei Kernkraftwerksunfall.....	< 1: 10.000.000
– Tod durch Terrorakt.....	< 1: 1.000.000
– De minimis Risk	1: 1.000.000

Als sog. De minimis Risk bezeichnet man ein Risiko, das der Gesetzgeber als akzeptabel betrachtet und keine weiteren Handlungen erfordert.

Man kann die o.a. Werte auch invertieren, einen Zielwert für Sterbewahrscheinlichkeit festlegen und entsprechende Handlungen wählen [1]. Beispiel: Welche Handlungen muss ich begehen, um meine Sterbewahrscheinlichkeit um $1,0 \cdot 10^{-6}$ /Jahr zu vergrößern:

Tätigkeit	Todesursache
1,4 Zigaretten rauchen.....	Krebs, Herzinfarkt
1/2 Liter Wein trinken.....	Leberzirrhose
1 Stunde in einem Kohlebergwerk verbringen.....	schwarze Lunge
2 Tage in New York leben.....	Luftverschmutzung
10 km Fahrrad fahren.....	Unfall
10.000 km mit dem Flugzeug fliegen.....	Krebs, kosmische Strahlung
1 Röntgenuntersuchung (gutes Krankenhaus).....	Krebs durch Strahlung
10.000 × 720 ml Softdrink aus Plastikflaschen.....	Krebs Acrylnitril Monomer
150 Jahre im 20 km Radius Kernkraftwerk leben..	Krebs durch Strahlung

Wie werden sehr unterschiedliche Handlungen in Bezug auf ihr Risiko verglichen? Hier sind verschiedene Definitionen des Begriffs Risiko im Gebrauch. Häufig wird der Begriff synonym für die Gefahr gebraucht, man spricht von Sturmrisiko oder Hochwasserrisiko am nächsten Tag. Gelegentlich wird der Begriff auch verwendet, um den Grad einer Gefährdung zu kennzeichnen, z. B. die riskante Aktion am Geldmarkt. In der Versicherungswirtschaft wird der Begriff häufig synonym für das versicherte Objekt verwendet. All diese Definitionen erlauben aber keinen objektiven Risikovergleich.

Dieser wird möglich durch die Definition des Begriffes Risiko als Produkt der Eintretenswahrscheinlichkeit eines Ereignisses mal der Schadensfolge, d. h.

$$R = P_E \cdot S$$

Da die Eintretenswahrscheinlichkeit stets auf einen Zeitraum bezogen wird, in der Regel 1 Jahr, ergibt sich die Dimension des Risikos z. B. zu Euro/Jahr, wenn der Schaden in Euro gemessen wird.

Beispiel:

Ein 100jähriges Hochwasser erzeugt einen Gebäudeschaden von 50.000 €. Das jährliche Risiko: ergibt sich damit zu $1/100 \cdot 50.000 = 500 \text{ €/a}$. Auch bei anderen Hochwassern treten Schäden auf, z. B. beim 20jährigen Hochwasser $0,05 \cdot 2.000 = 100 \text{ €/a}$, oder beim 200jährigen Hochwasser $0,005 \cdot 400.000 = 2000 \text{ €/a}$. Zur Berücksichtigung des Gesamtrisikos müssen dann alle denkbaren Ereignisse summiert werden, d. h. es wird eine Integration erforderlich.

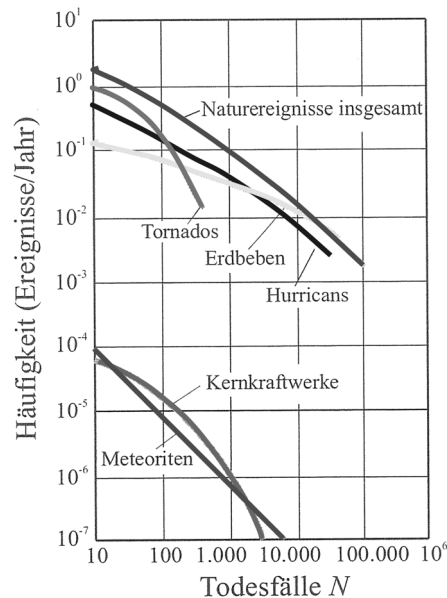


Abb. 1: F-N-Diagramm einiger Gefahren [1].

Die Risikoermittlung von Sachschäden ist also relativ einfach durchführbar, sehr viel schwieriger wird es, wenn Todesopfer, also Menschenleben bewertet werden sollen. Die Sterbewahrscheinlichkeit ist kein geeignetes Maß für die Beschreibung von Umfang und Wahrnehmung einer Katastrophe, da eine seltene Katastrophe mit vielen Opfern von den Menschen als furchtbarer angesehen wird als viele kleine Ereignisse mit derselben Zahl an Opfern (Busunglücke mit 10 Toten werden berichtet, aber nicht die viel größere Anzahl von Einzelverkehrsunfällen).

Das Lebensrisiko des Menschen infolge der unterschiedlichsten Gefahren wird oft durch sog. F-N-Diagramme beschrieben. Hierin wird die Häufigkeit von Todesfällen über der jeweiligen Gefahr dargestellt, Abb. 1 [1]. Man erkennt, dass Ereignisse mit vielen Todesopfern seltene Ereignisse sind, während die häufig vorkommenden Gefahren mit i. a. geringerem Gefahrenpotential nur eine geringe Zahl von Todesopfern zur Folge haben. Das Diagramm gibt die Risiken verschiedener Gefahren wieder. Welches Risiko ist aber die Gesellschaft bereit zu akzeptieren? Dies wird durch Grenzkurven im F-N-Diagramm dargestellt. Bei der Betrachtung derartiger Grenzkurven sollte man sich bewusst machen, dass hierbei mit der Möglichkeit des Verlustes von Menschenleben gearbeitet wird, nicht mit einem tatsächlichen Verlust.

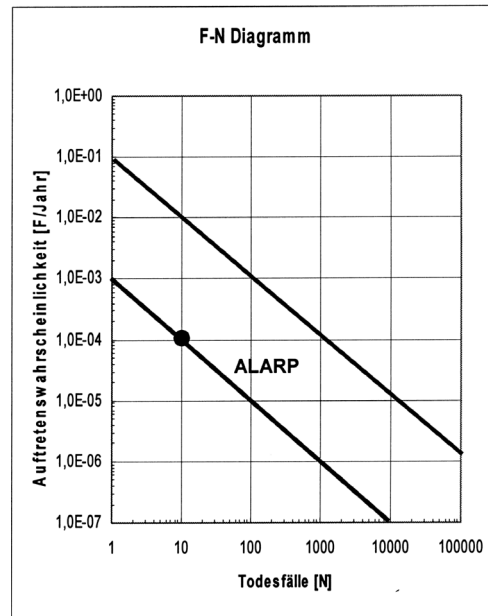


Abb. 2: Grenzkurvenfestlegung.

Man definiert, dass z. B. ein schwerer Fabrikunfall eine Auftretenshäufigkeit von $1 \cdot 10^{-4}$ haben darf¹. Der Begriff „schwer“ wurde nie definiert, in der Praxis wird mit $N=10$ gerechnet [1]. Damit liegt der Einhängpunkt fest: $(10, 1 \cdot 10^{-4})$, Abb. 2. Die Neigung der Grenzkurve erfasst die sog. Risikoaversion, d. h. das Faktum, dass wenige Ereignisse mit vielen Todesopfern für schlimmer gehalten werden als eine größere Anzahl von Ereignissen mit geringerer Zahl von Todesopfern. Es werden zwei Grenzkurven eingeführt:

- innere Kurve definiert das zu akzeptierende Risiko
- äußere Kurve das keinesfalls zu akzeptierende Risiko

Der Zwischenbereich wird als ALARP-Bereich bezeichnet, für As Low As Reasonably Possible. In diesem Bereich werden die Risiken akzeptiert, wobei allerdings versucht wird, durch bestimmte Maßnahmen die Folgen (und damit auch das Risiko) so klein wie möglich zu halten. Abb. 3 zeigt ein F-N-Diagramm aus Großbritannien aus dem Jahre 1991 für einen Kernkraftwerksunfall.

¹ 1) Advisory Committee on Major Hazards (ACMH)

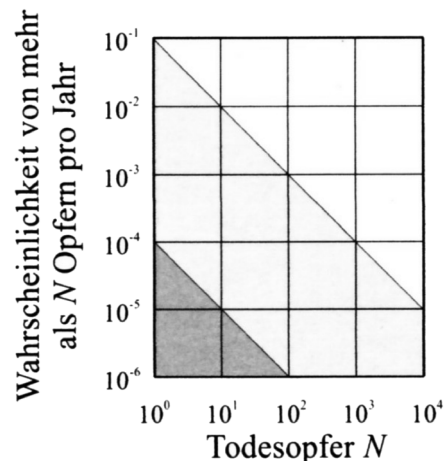


Abb. 3: F-N-Kurve für einen Kernunfall [1].

Die F-N-Kurven enthalten keine Informationen, zu welchem Zeitpunkt ein Unfall, bezogen auf die Lebensjahre eines Menschen, eintritt. Das Sterben an gesundheitlichen Problemen im hohen Alter erscheint uns als natürlich, nicht hingegen der Verkehrsunfall eines jungen Menschen. Aus diesem Grunde wurde ein anderes Konzept zur Risiko-Bewertung eingeführt, das Konzept der verlorenen Lebensjahre (YLL = Years Of Life Loss), [1]. Es gilt:

$$YLL = e' - e$$

e' : mittlere Lebenserwartung mit dem Risiko

e : mittlere Lebenserwartung ohne das Risiko.

Hierbei kann ein Risiko, das den Tod von wenigen jungen Menschen verursacht, gleich sein einem Risiko, das zum Tod von vielen älteren Menschen führt. Abb. 4 zeigt die YLL für verschiedene Gefahren.

Man erkennt deutlich die tiefgreifenden Auswirkungen sozialer Verhältnisse auf das Sterberisiko und damit auf die Lebensdauer der Menschen.

Im letzten Jahrzehnt ist ein weiterer Parameter in Gebrauch gekommen, mit dessen Hilfe die Risikoeinschätzung und -bewertung erleichtert wird, der sog. Lebensqualitätsindex (LQI: Life Quality Index), [2,3,4,5,6]. Die unterste Stufe der Lebensqualität besteht in der Befriedigung der Grundbedürfnisse, wie Essen, Trinken, Schlafen, Kleidung etc. Wenn dies gegeben ist, treten Aspekte der Sicherung dieser Grundbedürfnisse – durch Ausbildung, Arbeit, medizinische Versorgung – in den Vordergrund. Wenn auch die Sicherung der Grundbedürfnisse

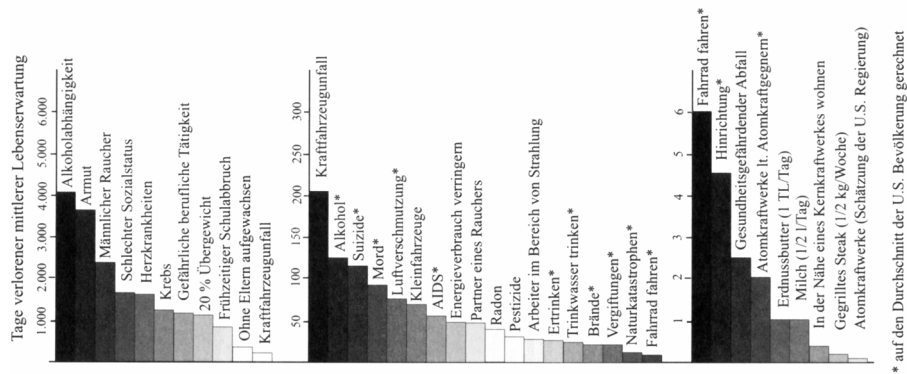


Abb. 4: YLL für verschiedene Gefahren [1].

nisse als gewährleistet erscheint, werden die sozialen Bedürfnisse wichtig, wie z. B. Freundschaften, Zugehörigkeit zu sozialen Gruppen. Hierauf aufsetzend folgen weitere Bedürfnisse, wie die Anerkennung in der Gruppe, Macht etc. Als oberste Stufe der Lebensqualität stellt sich schließlich die Selbstverwirklichung dar.

Da die Lebensqualität von unterschiedlichen Menschen sehr unterschiedlich empfunden wird, gibt es keinen einheitlichen Index, sondern verschiedene, auf spezielle Bedürfnisse hin zugeschnittene. Man definiert also z. B.:

- wirtschaftswissenschaftliche Lebensqualität [4,5]
- medizinische Lebensqualität
- gesellschaftswissenschaftliche Lebensqualität
- ingenieurwissenschaftliche Lebensqualität [6].



Abb. 5: Lebensqualitätsstufen [1,2].

3. Risikowahrnehmung und Umgang mit dem Risiko

„Das Leben war noch nie so sicher und gesund wie jetzt“, sagen die einen. Sie verweisen auf die Lebenserwartung, die nach wie vor zumindest in den entwickelten Staaten steigt – trotz Luftverschmutzung, Dioxinen und Ozonloch. „Das Leben wird immer gefährlicher“, sagen die anderen und beziehen sich auf die Folgen von Luftverschmutzung, Dioxinen und Ozonloch. „Pestizide bringen uns nicht gleich um, aber zusammen mit anderen Umweltgiften sei der schleichende Tod unausweichlich“ [7].

Das Problem besteht in der sehr unterschiedlichen individuellen Risikowahrnehmung. Wir schlagen Alarm bei relativ geringen Risiken und akzeptieren auf der anderen Seite viel größere Risiken problemlos: Die rote Fußgängerampel einer stark befahrenen Straße wird überquert, um noch rechtzeitig den Zug zu einer Anti-Atomkraft Demonstration zu erreichen. Für das Verbrennen von Rinderkadavern wegen der BSE-Seuche wurden in Europa Milliarden von Euro ausgegeben, obwohl an der – nur vermuteten (!) – Seitenlinie der Seuche, der Creutzfeld-Jacob-Krankheit drei Personen gestorben sind. An die in jedem Jahr zu beklagenden ca. 10.000 bis 20.000 Grippetoten haben wir uns gewöhnt. Die Milliarden wären hier sicherlich besser angelegt gewesen. Waldsterben (im französischen „le waldsterben“ genannt) – der Wald wächst allerdings dennoch enorm –, Acrylamid im Killerzwieback, Vogelgrippe, SARS, Ozonloch, Klimakatastrophe etc. sind nur einige zufällig ausgewählte Namen für Gefahren, die sich bei genauerer Betrachtung als relativ geringe Risiken herausstellen.

Die Frage ist: Warum handeln und denken wir derart irrational? Ein wesentlicher Grund liegt sicherlich in der wissenschafts- und technikfeindlichen Grundstimmung, die in den siebziger Jahren aufkam und im Begriff Risikogesellschaft zusammengefasst wurde. Dieser vom Soziologen Ulrich Beck geprägte Begriff beinhaltete die finstere These, dass die Quelle der Gefahr nicht Ignoranz sei, sondern Wissen, d. h. nicht fehlende, sondern perfektionierte Naturbeherrschung. Wissenschaft und Technik führen einen steten Krieg gegen Gesellschaft und Natur. Der Heidegger-Schüler Günter Anders, einer der Vordenker der Antiatombewegung, formulierte: *„Habe keine Angst vor der Angst, habe Mut zur Angst. Auch den Mut, Angst zu machen. Ängstige deinen Nachbarn wie dich selbst!“* Diese Angst, wohl eine typisch deutsche Eigenschaft, führte dazu, dass wir aus Angst vor der Öl-Abhängigkeit in Kernenergie investierten, aus Angst vor Radioaktivität wieder ausstiegen und vermutlich bald aus Angst vor einer Klimakatastrophe wieder einsteigen. Der Schriftsteller und Journalist H. M. Broder schreibt dazu: *„Wenn es etwas gibt, auf dass man sich mit letzter Sicherheit verlassen kann, dann ist es der deutsche Katastrophismus. Alles, was schief gehen kann, muss schief gehen, damit sich die apokalyptischen Sehnsüchte erfüllen. Bleibt die Katastrophe wider Erwarten aus, kommt es zu einem schweren Katzenjammer, der nur von der Aussicht auf das nächste Unheil geheilt wird.“* [7].

Aber beruht diese Angst vor Katastrophen auf Tatsachen? In der Regel sind es Meinungen, die uns beeinflussen. „Es sind nicht so sehr die Tatsachen, die in unserem Sozialleben entscheiden, sondern die Meinungen der Menschen über die Tatsachen, ja die Meinungen über die Meinungen“ schreibt der um ca. 50 n. Ch. geborene Stoiker Epiktet. Es hat sich nichts geändert. Was gefährlich ist und was nicht, bestimmt deshalb nicht die Wissenschaft, sondern die in den Medien veröffentlichte Meinung: Die Medien schüren i. a. die Risikofurcht, sie warnen also zu massiv. Only bad news are good news! Dazu gehören überzogene Presseberichte über tatsächliche oder auch nur vermutete Probleme wie Killerzwieback, Waldsterben, SARS, Vogelgrippe, BSE, Klimakatastrophe etc. Auch stark opferorientierte Darstellungen wie z. B. Berichte über Medikamentennebenwirkungen sind gut für Panikmeldungen, nicht aber Nachrichten darüber, wie viele Menschenleben durch die Einnahme des Medikamentes gerettet wurden. Technik- oder wissenschaftsinduzierte Risiken werden stets übertrieben, weil sich damit ein Empörungselement gegen den Risikoerzeuger mobilisieren lässt. Der Mainzer Kommunikationswissenschaftler Kepplinger schreibt dazu: „Gerade bei zugespitzten Krisen überlagern medieninterne, kommerzielle Überlegungen die Berichterstattung, so dass kaum noch entscheidbar ist, ob es sich um eine reale Krise oder eine Krise der Berichterstattung handelt“. Die ungute Folge einer solchen Berichterstattung ist stetig wachsender Glaubwürdigkeitsverlust und zunehmende Abstumpfung.

Auch die Wissenschaft hat hier Fehler gemacht und macht sie weiterhin. Im Kampf um Forschungsgelder und innerwissenschaftliche Anerkennung werden die Medien gezielt eingesetzt. Wir erleben dies gerade wieder aktuell bei den Fragestellungen des Klimawandels.

Weshalb aber ist der Mensch nur zu gern bereit, solchen Angstvisionen zu folgen? Der Grund dafür liegt vermutlich in seinem Sicherheitsbedürfnis. Larousse definiert Sicherheit als: *La tranquillité d'esprit résultant de la pensée, qu'il n'y a pas de péril à redouter* (Die Seelenruhe, die aus der Empfindung kommt, dass keine Gefahr zu fürchten sei). Die Seelenruhe lässt sich vielleicht im Raum zwischen drei Polen möglicher menschlicher Reaktionen finden:

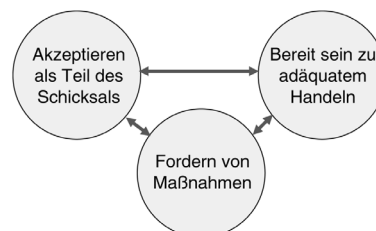


Abb. 6: Die drei Pole menschlichen Handels.

Eine Möglichkeit besteht im Akzeptieren und Annehmen der Gefährdung als Bestandteil des jedem Menschen zugewiesenen Schicksals. Dies ist typisch für östliche Kulturen, wie z. B. dem Islam: maktoub „alles steht geschrieben“ sagt der Moslem. Pioniergesellschaften sind dagegen bereit zu adäquatem Handeln, jeder muss sich auf jeden verlassen können, wodurch ebenfalls ein Sicherheitsgefühl entsteht. Die dritte Möglichkeit ist die Forderung nach einer jede Gefährdung ausschließende Absicherung der individuellen Gefahrenumwelt. Dies ist wohl die typische Haltung des hochindustrialisierten, westlichen Menschen, der nur noch fordert, weil ihm die anderen Pole nicht erreichbar sind.

Natürlich wird niemand seine Einstellung voll und ganz aus einem der drei Pole beziehen. Wir sind jedoch dabei, uns endgültig am dritten Pol häuslich einzurichten (insbesondere wenn andere zahlen...).

In diesem Kontext stellt sich die Frage: Wie kann unser konkretes Handeln zwischen diesen drei Polen aussehen? Mögliche Risiken lassen sich [8]:

- a) beseitigen: durch Maßnahmen am Gefahrenherd selbst, z. B. Entfernung brennbarer Substanzen,
- b) umgehen: durch Änderung der Absicht oder des Konzepts, z. B. Verzicht auf Bauen in hochwassergefährdeten Gebieten,
- c) bewältigen: durch Kontrolle, Warnsysteme, Überwachung, z. B. Brandmelder, Early Warning,
- d) überwältigen: erdbebensicheres Bauen durch Vorhalten ausreichender Reserven: Reduktion von Vulnerabilität,
- e) akzeptieren: als unausweichliches oder akzeptierbar kleines Risiko.

4. Umgang mit Naturkatastrophen

4.1 Allgemeines

Naturkatastrophen werden so definiert, dass stets auch Auswirkungen auf das Umfeld von Menschen in Rechnung gestellt werden: Sie überschreiten die Kräfte der betroffenen Gemeinschaft zur Überwindung der Folgen (Elbehochwasser, Wirbelsturm,...) [9,10]. Treten dagegen keine derartigen Auswirkung für den Menschen auf, wie z. B. bei Lawinen im Berg oder Hochwasser in Poldergebieten, sprechen wir von Naturereignissen. Abb. 7 zeigt die zeitliche Entwicklung von Naturkatastrophen. Man erkennt eine deutliche Zunahme. Dies zu extrapolieren ist jedoch schwierig, je nach Länge des betrachteten Zeitintervalls kann man unterschiedlichste Ergebnisse produzieren. „Ein Unglück kommt selten allein“ formuliert der Volksmund und beschreibt so die typische Clusterwirkung von stochastischen Prozessen.

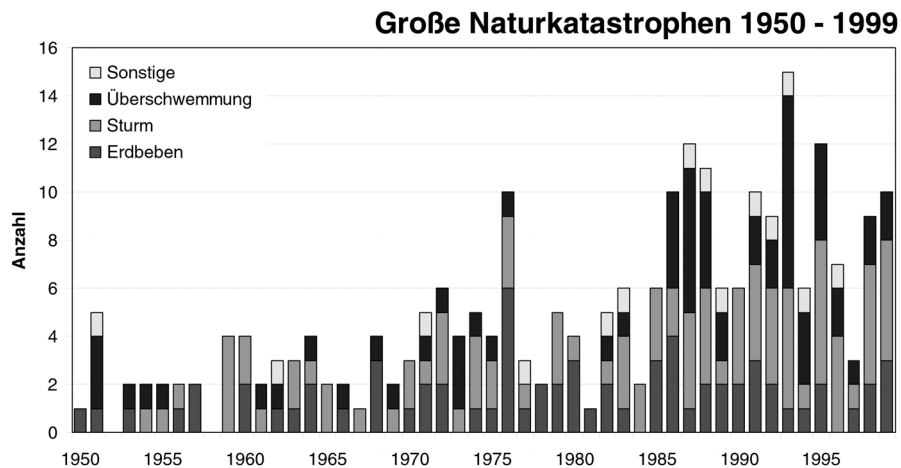


Abb. 7: Entwicklung großer Naturkatastrophen [Munich Re].

Die meisten Todesopfer sind durch Stürme oder Überschwemmung zu beklagen, vgl. Abb. 8. Die volkswirtschaftlichen Gefahren sind etwa gleich verteilt. Stürme haben i. a. eine geringere mittlere Schadenshöhe, obwohl die Zerstörungen

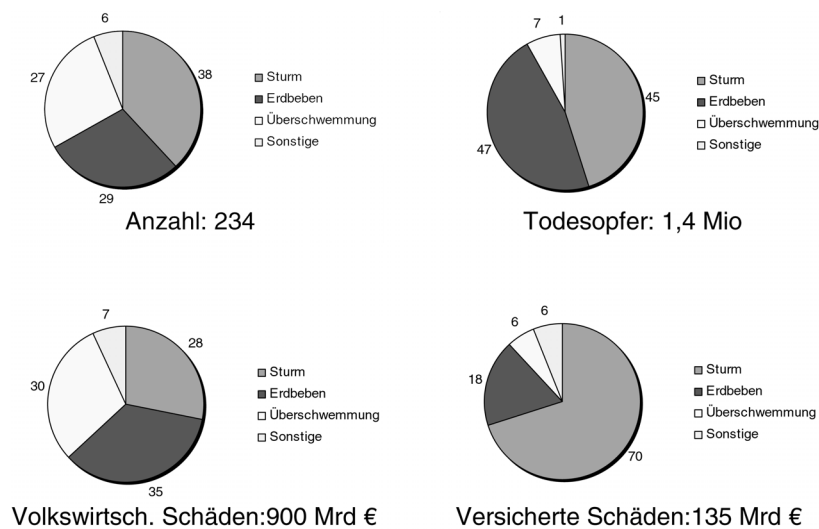


Abb. 8: Vergleich der wesentlichen Schäden infolge Naturkatastrophen [Munich Re].

im Inneren eines Tornados die von starken Erdbeben oft noch übertreffen. Bei den versicherten Schäden überwiegen die Sturmkatastrophen alle anderen Risiken. Dies ist auf die große Zahl von Kleinschäden zurückzuführen (herabgefallene Dachziegel etc.).

4.2 Wind

Der Wind kann enorme zerstörerische Kräfte mobilisieren [11]. Die Windkraft steigt bekanntlich mit dem Quadrat der Windgeschwindigkeiten. Bei Windgeschwindigkeiten von 450km/h, wie sie im Inneren von Hurrikans oder Tornados aus den Folgen rückgerechnet wurden (alle Messinstrumente wurden weit vorher zerstört), werden vor allem die herumfliegenden Gegenstände zu gefährlichen Waffen, wie die Dachlatte in Abb. 9 zeigt, die eine Palme wie ein Schwert durchschlagen hat, oder der leere Öltank, der wie ein Ball durch die Luft flog.

Starke Windereignisse sind oft Ursache für Sturmfluten mit enormen Folgeschäden, wie im Bereich der Nordsee z. B. die *Julianenflut*: im Jahre 1164, die Jadebusen und Dollart schuf, oder die *Grote Mandränke* im Jahre 1362 mit über 100.000 Toten!

Die aus Windwirkung entstehenden Risiken lassen sich nach den Kriterien am Ende des Abschnitts 3 weder beseitigen noch umgehen, wir können uns dem Wind nicht entziehen. Da wir auch das damit verbundene Risiko nicht akzeptieren wollen, verbleiben nur die beiden Möglichkeiten: Bewältigen, also z. B. durch Vorsorge und rechtzeitige Warnungen, oder Überwältigen, d. h. durch



Abb. 9: Windwirkungen[Munich Re].

Vorhalten ausreichender Reserven z. B. beim Bau von Bauwerken: es muss die sog. Vulnerabilität, die Verletzlichkeit reduziert werden.

Rechtzeitiges Warnen ist entscheidend wichtig, funktioniert aber nicht in jedem Fall. Auch wenn Tiefdruckgebiete gemeinhin als stabil und in ihrem Verhalten gut vorhersagbar gelten, gibt es genügend Ausnahmen, wie auch das Beispiel von „Lothar“ im Dezember 1999 nachdrücklich gezeigt hat: Die Meteorologen „übersahen“ die Vorwarnzeichen und eine Sturmwarnung blieb bis auf einige Ausnahmen aus. Unter anderem deshalb arbeiten Meteorologen und Klimaforscher weltweit daran, immer schnellere, genauere und verlässlichere Überwachungs- und Vorwarnsysteme zu entwickeln. Doch auch wenn hier immer wieder wichtige Fortschritte gelingen – einen Schutz der Sachgüter bieten auch sie nicht. Der Sturm nimmt seinen Lauf.

Was bleibt, ist nur die Schadensbegrenzung – eine Maßnahme, an der nicht nur die Betroffenen, sondern vor allem auch die Versicherungen erhebliches Interesse haben. Der Schwerpunkt liegt dabei vor allem auf der Entwicklung von Risikokarten: Mit Hilfe von Computermodellen und Klimasimulationen sollen sie zeigen, welche Regionen, beispielsweise in Deutschland, bei einem Wintersturm besonders gefährdet sind. Wer zukünftig in einer solchen Hochrisikozone baut, wird dann auch damit rechnen müssen, höhere Versicherungsbeiträge zahlen zu müssen.

Abb. 10 zeigt (in Falschfarben) die Vorgehensweise. Ausgehend vom Höhenprofil und den örtlichen Rauigkeiten lassen sich für beliebige Windrichtungen die maximalen örtlichen Windgeschwindigkeiten ermitteln [13].

Da die örtlichen Windgeschwindigkeiten kaum beeinflussbar sind, muss zur Erzielung ausreichender Sicherheit die Vulnerabilität eines Bauwerkes reduziert werden. Hierzu bedarf es genauer Kenntnis der Natur des Windes und der

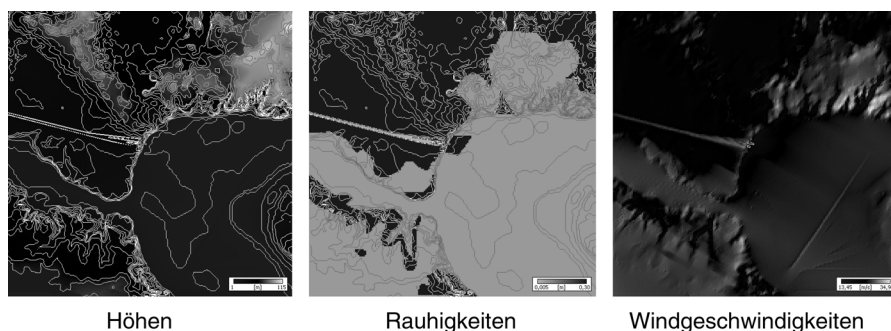


Abb. 10: Ermittlung örtlicher Windgeschwindigkeiten [13].



Abb. 11: Windmessanlage.

daraus resultierenden statischen und dynamischen Windwirkungen sowie einer widerstandsfähigen Auslegung von Bauwerken und Infrastrukturanlagen. Am Institut des Verfassers wird auf diesem Gebiet seit fast 20 Jahren intensiv geforscht. Eine der wesentlichen Erkenntnisquellen sind Messungen an der größten Windmessanlage der Welt in Gartow im Wendland, z. B. [12]. Hier werden bis in eine Höhe von fast 350m Windprofile einschließlich der Windrichtungen sowie der Mastantworten in Form von Beanspruchungen, Beschleunigungen, Wegen etc. aufgezeichnet.

4.3 Erdbeben

Die Auswirkung von Erdbeben kann, örtlich begrenzt, enorme Schäden hervorrufen. Sie entstehen bekanntlich durch die Bewegungen der Erdschollen. An den Berührkanten bauen sich bei einer gegenseitigen Verschiebung zunächst lokal begrenzt hohe Kräfte auf, die dann zu einem plötzlich Bruch in diesem Bereich führen, was entsprechende Erdbebenwellen hervorruft, die sich im Boden nach allen Seiten ausbreiten.

Ähnlich wie beim Wind lassen sich auch Erdbebenrisiken weder beseitigen noch umgehen, es sei denn, man beschließt in diesem Raum überhaupt keine Bauwerke oder Infrastrukturanlagen zu errichten. Das ist i. a. nicht möglich und auch nicht gewünscht. Auch das Akzeptieren des Risikos scheidet für uns in der

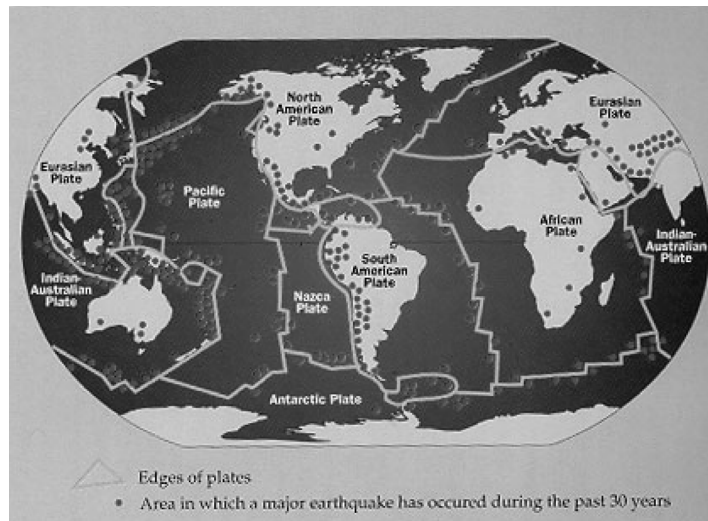


Abb. 12: Platten der Erde.

Regel aus, so dass – wie beim Wind – nur die beiden Möglichkeiten Bewältigen und Überwältigen bleiben.

Das Bewältigen, z. B. in Form rechtzeitiger Warnungen, ist beim Erdbeben deutlich schwieriger als beim Wind. An Techniken zur Erdbebenvorhersage wird seit Jahrzehnten geforscht, wesentliche Fortschritte sind bisher aber nicht zu erkennen. Wenn man von der gelegentlich berichteten Fähigkeit mancher Tiere absieht, die offenbar Vorläufer von Erdbeben – möglicherweise in Form von Mikrobenen o. ä. – wahrnehmen, bleibt eigentlich nur die Möglichkeit, die unterschiedlichen Wellengeschwindigkeiten der von einem Erdbeben ausgesendeten Stoßwellen auszuwerten.

Die sehr schnellen Kompressionswellen (auch P-Wellen genannt – wie primär), sind relativ ungefährlich. Die sehr viel langsameren Scherwellen (auch S-Wellen genannt – sekundär) einschließlich der Rayleigh- und der Lovewellen sind dagegen sehr gefährlich. Man kann also den Zeitunterschied zwischen beiden Wellen zur Vorwarnung nutzen. Das funktioniert naturgemäß nur, wenn zwischen dem Erdbebenzentrum und der betrachteten Region ein größerer Abstand liegt, so dass die Wellenlaufzeiten sich noch zeitlich nutzbar auswirken. Für Mexico-Stadt, die ca. 300 km von der Plattenkante am Pazifik entfernt liegt, ergeben sich ca. 70 sec Vorwarnzeit nach Eintreffen der P-Welle. Für das Erdbeben der Stadt Kobe, die fast über dem Erdbebenherd lag (Epizentrum) ergeben sich dagegen nur 2 sec. Zuwenig für eine sinnvolle Maßnahme.

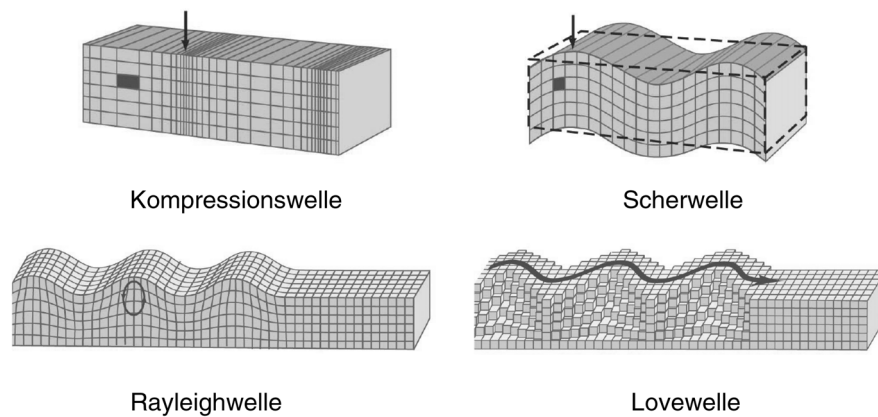


Abb. 13: Typen von Erdbebenwellen.

Wichtig für eine geeignete Vorhersage ist die Berücksichtigung der Bodeneigenschaften und der Topographie. Die Bodeneigenschaften wirken wie ein Filter für die Erdbebenwellen: Ein weicher Boden (wie z. B. in Mexico-Stadt) wirkt wie ein Tiefpass, er verstärkt – wie die Götterspeise in einer Dessertschüssel – die Schwingungen und ist dann für niederfrequente Bauwerke wie z.B. Hochhäuser besonders gefährlich. Ein harter Boden wiederum wirkt sich ungünstig auf Bauwerke mit hoher Eigenfrequenz aus, wie z. B. das Khillary-Beben in Indien im Jahre 1993, wo überwiegend kleinere Bauwerke zerstört wurden. Solche Bodeneigenschaften können durch Mikrozonierungen und darauf aufbauende Untersuchungen von Erdbebeneinwirkungen erfasst werden, wie Abb. 14 für die Region Visp in der Schweiz zeigt.

Dabei muss auch die Topographie mit berücksichtigt werden. Erdbebenwellen werden an der Erdoberfläche reflektiert und überlagern sich mit den ankommenden Wellen entweder konstruktiv (d. h. verstärkend) oder destruktiv (d. h. auslöschend). Abb. 15 stellt dies schematisch dar.

Die Eigenschaften des Baugrundes können durch ggf. vorhandenes Grundwasser völlig verändert werden. Durch die erdbebeninduzierte Druckwelle steigt der Porenwasserdruck im Grundwasser, hierdurch werden die Einzelkörner des Bodens voneinander gelöst, die Körner schwimmen sozusagen im Grundwasser. Den Effekt, Liquefaction genannt, kann man nachvollziehen, wenn man barfuß am Strand im seichten Wasser steht und mit beiden Füßen leicht trampelt, also Druckwellen in den Baugrund sendet: Die Füße sinken ein. Dies passiert auch mit ganzen Bauwerken, wie Abb. 16 zeigt. Die Bauwerke versinken in der „Flüssigkeit“ Boden.

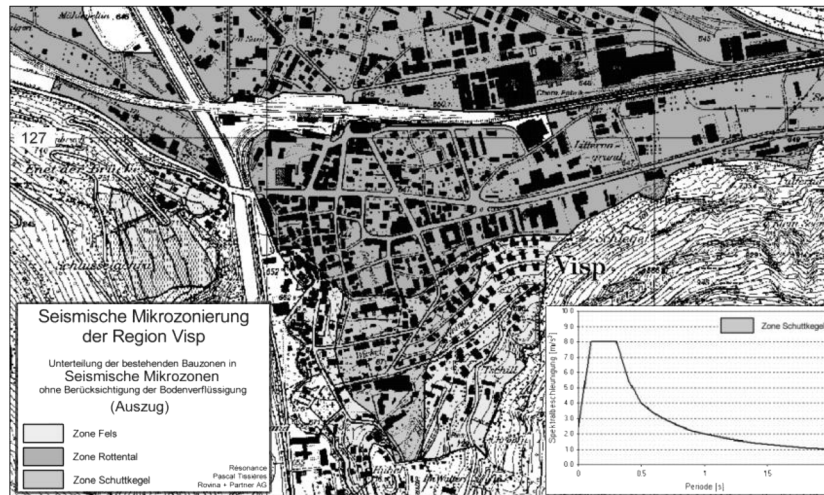


Abb. 14: Erdbebenkarte für den Bereich Visp – Schweiz.

In vielen erdbebengefährdeten Gebieten der sog. Dritten Welt haben sich über Jahrhunderte hinweg Bauweisen durchgesetzt, die den dort typischen Erdbeben erstaunlich gut widerstehen. Diese Tradition gerät heute, in Anpassung an vermeintlich modernere Bauweisen, häufig in Vergessenheit. Dies hängt vermutlich damit zusammen, dass eine Gefahr den Betroffenen dauernd präsent sein muss, um als Reaktion eine Verbesserung in der traditionellen Bauweise zu bewirken. Genau dies ist in der Regel bei Erdbeben nicht der Fall. Große Erdbeben treten i. a. in zeitlichen Abständen von mehreren Generationen auf, wesentliche Informationen gehen hierdurch im Bewusstsein der Menschen verloren. Das erscheint uns als erheblicher Mangel, aber haben Sie Ihren Großvater nach örtlichen Gefahren gefragt, als Sie gebaut haben?

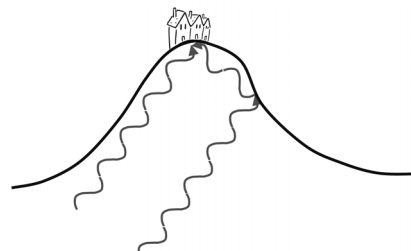


Abb. 15: Überlagerung von Erdbebenwellen.



Abb. 16: Bauwerke versinken infolge von Liquefaction.

Damit sind wir bereits bei der zweiten Möglichkeit, mit dem Erdbebenrisiko sinnvoll umzugehen: indem wir das Risiko überwältigen, d. h. die Vulnerabilität der Bauwerke herabsetzen, sie also erdbebentauglich machen [14].

Um die richtige Vorgehensweise hierbei zu verstehen, müssen wir uns klarmachen, dass durch die Bodenbeschleunigungen eines Erdbebens an den vorhandenen Bauwerksmassen Trägheitskräfte geweckt werden, oder für den in Abb. 17 dargestellten ehemaligen Wasserturm anschaulich formuliert: Das Fundament des Wasserturms hat sich horizontal bewegt, während die große Kopfmasse sich wegen ihrer Trägheit nicht bewegte. Dadurch entstanden hohe Querbeanspruchungen im aufgehenden Turm, die von diesem nicht aufgenommen werden konnten.

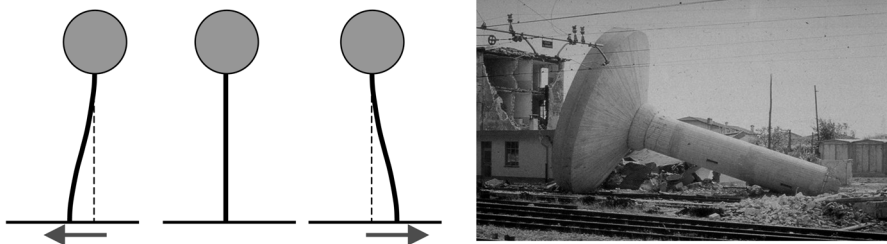


Abb. 17: Erdbebenschaden durch geringe horizontale Steifigkeit.

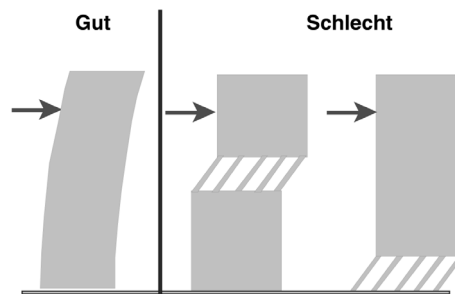


Abb. 18: Hochhausaussteifungen.

Die horizontale Steifigkeit eines Bauwerks ist entscheidend für sein Verhalten unter Erdbeben. Günstig ist stets eine möglichst konstante, horizontale Steifigkeit, wie im Abb. 18 links dargestellt. Häufig wird dagegen verstoßen, weil z. B. Zwischengeschosse mit wenig Aussteifungen eingezogen werden. Große Hotelhallen mit viel Glas und wenig horizontaler Aussteifung haben die gleichen Probleme, wie im Abb. 18 rechts dargestellt.

Abb. 19 links zeigt ein Beispiel vom Kobe-Erdbeben. Wegen einer geringen horizontalen Steifigkeit eines Technik-Zwischengesosses ist dies beim Erdbeben völlig zerstört worden, die oberen Geschosse sind um ein Geschoss heruntergefallen, erkennbar an der Quetschfalte an der Außenfassade. Im rechten Teil des Bildes 19 erkennt man ein Gebäude mit geringer Aussteifung im Erdgeschoss, es hat sich völlig schief gestellt.

Eine gänzlich andere Möglichkeit, Erdbebenschäden zu vermeiden, besteht in der Abkopplung des Bauwerkes vom Boden. Hierzu werden Federpakete unter



Abb. 19: Folgen mangelnder horizontaler Aussteifung.

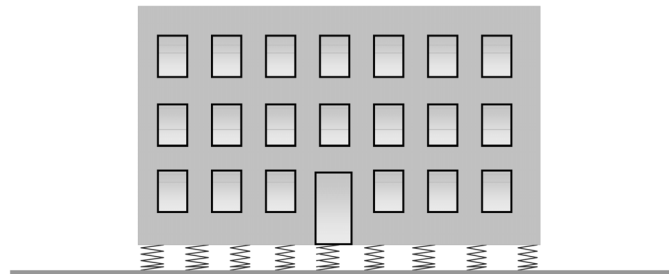


Abb. 20: Horizontale Entkopplung vom Baugrund.

das Bauwerk gesetzt, die die vertikalen Lasten des Bauwerkes aufnehmen können, aber bei horizontaler Bewegung des Baugrundes problemlos ebenso den entstehenden Weg, Abb. 20 zeigt das Prinzip.

Das Verhalten von Bauwerken wird auch experimentell mit Hilfe von Erdbeben-Rüttel-tischen untersucht. Hierbei handelt es sich um vollständig auf hydraulischen Zylindern gelagerte Aufspannplatten, die mit Hilfe eines Computers so angesteuert werden, dass das Verhalten des Erdbodens unter dem Bauwerk von den Pressen richtig simuliert wird.

5. Schlussbemerkungen

Zur Bearbeitung der hier diskutierten Fragen wurde bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft vom Verfasser gemeinsam mit der Universität Florenz ein Internationales Graduiertenkolleg eingerichtet, das den Titel trägt: Risk-Management of Natural and Man made Hazards on Buildings and Infrastructure. Das Kolleg läuft seit ca. vier Jahren. Ein Sonderforschungsbereich zu dieser Thematik unter Einbeziehung der Umweltfragen ist in Vorbereitung.

Wie gehen wir in der Zukunft sinnvoll mit dem Risiko aus Naturgefahren um? Was wir brauchen ist die Entwicklung einer neuen Risikokultur, die von dem Grundsatz ausgeht, dass die Natur die Gefahr macht, die Möglichkeit eines Risikos aber der Mensch. Ohne Beschränkung der Nutzung kann die Höhe eines Schadens nicht verringert werden. Ob dies durch freiwillige Maßnahmen oder Vorschriften erreicht wird, ist eine Frage der persönlichen Grundeinstellung. Steht die persönliche Handlungsfreiheit im Vordergrund, muss bei den eventuell Betroffenen eine höhere Schadenakzeptanz vorhanden sein [15].

Bei tragbaren Risiken, d. h. bei begrenzten Schäden sind die Vorteile der Handlung gegen das Risiko (Höhe des Schadens und dessen Wahrscheinlichkeit) möglichst gut gegeneinander abzuwägen.

Untragbare Risiken sind zu meiden. Nicht vereinbar mit dem Begriff „Risikokultur“ ist allerdings: Die Vorteile der risikobehafteten Handlung als Privatgut zu betrachten, die Gefahrenabwehr aber als alleinige Aufgabe der Öffentlichkeit anzusehen. Beispiel: Bei Sonnenschein am privaten Strand den See zu genießen und bei Hochwasser Entschädigung zu verlangen [15].

Beim Umgang mit den Risiken sind die Unterschiede bei den einzelnen Naturgefahren zu beachten. Bei den Lawinen befindet man sich rasch in Lebensgefahr – geht also ein untragbares Risiko ein. Vermeiden und Verbote stehen hier im Vordergrund. Anders beim Hochwasser, wo im Normalfall die Lebensgefahr gering, jedoch die Sachschäden hoch sind. Gewässer sind von alters her ein attraktiver Siedlungsplatz, und für verschiedene Gewerbe (Mühle, Säge, Hafen, Fischfang) war man auf die Nähe zum Wasser angewiesen. So hat man die Nachteile der gelegentlichen Überschwemmung in Kauf genommen [15]. Köln, Koblenz und Passau sind Beispiele, wie sich Siedlungen trotz regelmäßiger Überschwemmungen stark entwickelt haben. Die Gewinne in der Zeit zwischen den Hochwassern waren höher als die Verluste im Ereignisfall. Dies wurde erreicht, indem z. B. die Untergeschosse weniger intensiv genutzt wurden, also der Schaden begrenzt wurde. Heute ist dies nicht mehr der Fall. Man erwartet einen vollständigen Schutz und plant und baut wie es gefällt – ohne Rücksicht auf die Gefahren des Standortes.

Dass zumindest bei Neubauten solche Maßnahmen zu Lasten des Eigentümers gehen, ist z. B. beim Baugrund selbstverständlich. Dort bezahlt jeder seine Fundamente selbst und verlangt bei ungünstigem Untergrund keine Subventionen vom Staat. Chance und Risiko sind ein unzertrennliches Paar und müssen von der gleichen Person genutzt bzw. getragen werden.

Ein Leben in absoluter Sicherheit ist nicht möglich. Hier muss insbesondere das Anspruchsdenken zurückgeschraubt werden. Es ist nicht möglich, dass der Mensch einfach dort siedelt, wo es ihm gefällt oder sich dorthin begibt, wo ihm das Skifahren Spaß macht, und gleichzeitig von der öffentlichen Hand ein Maximum an Sicherheitsmaßnahmen verlangt. Dieser gesellschaftliche Konflikt kann nur durch eine intensive Risikodiskussion gelöst werden.

Die Einen wollen Sicherheit gewährleisten, was Vorschriften erfordert, die Anderen wollen ihre Freiheit und möglichst wenig Staat; am Liebsten natürlich beides: Freiheit bei allen Handlungen und gleichzeitig Sicherheit [15]. Aber: – Vater, es wird mir eng im weiten Land, da wohn ich lieber unter den Lawinen – schon Schiller hat erkannt, dass beides gleichzeitig nicht möglich ist.

Literatur

- [1] PROSKE, D.: Katalog der Risiken – Risiken und ihre Darstellung. Eigenverlag ISBN 3-00-014396-3, Dresden, 2004.

- [2] PROSKE, D., M. CURBACH & U. KÖHLER: Lebensqualität als Bewertungsparameter für Lebensrisiken. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden (2006) 3-4, S. 25-33
- [3] PROSKE, D. & M. CURBACH: Risk to historical bridges due to ship impact on German inland waterways. in: Reliability Engineering & System Safety 90 (2005) 2-3, 261-270
- [4] NATHWANI, J.S., N.C. LIND & M.D. PANDEY: Affordable Safety by Choice: The Life Quality Method. Institute of Risk Research, University of Waterloo, Ontario Canada, 1997.
- [5] PANDEY, M.D., J.S. NATHWANI & N.C. LIND: The derivation and calibration of the life-quality index (LQI) from economic principles. Journal of Structural Safety 28, 2006, 341-360.
- [6] RACKWITZ, R.: Optimization and risk acceptability based on the Life Quality Index. Journal of Structural Safety 24, 2002, 297-331.
- [7] MACKENTHUN, G.: Was ist gefährlich? Alle Gefahren von Acrylamid bis Anthrax und zurück. Internetauftritt: <http://home.arcor.de/g.mackenthun/risk.htm>
- [8] SCHNEIDER, J.: Sicherheit und Zuverlässigkeit im Bauwesen. vdf Verlag der Fachvereine. Stuttgart: Teubner, 1999.
- [9] GEIPEL, R. (2000) Zukünftige Naturkatastrophen in ihrem sozialen Umfeld. In: Zukünftige Bedrohungen durch anthropogene Naturkatastrophen. V. LINNEWEBER (Hrsg). Schriftenreihe des DKKV, Nr. 22, 2000, 29-38.
- [10] PLATE, E. (2000) Die Bewältigung zukünftiger Naturkatastrophen. In: Zukünftige Bedrohungen durch anthropogene Naturkatastrophen. V. LINNEWEBER (Hrsg). Schriftenreihe des DKKV, Nr. 22, 2000, 88-97
- [11] BERZ, G. (2000): Naturkatastrophen an der Wende zum 21. Jahrhundert: Weltweite Trends und Schadenspotentiale. In: Zukünftige Bedrohungen durch anthropogene Naturkatastrophen. V. LINNEWEBER (Hrsg). Schriftenreihe des DKKV, Nr. 22, 2000. 4-13
- [12] PEIL, U. & M. BEHRENS: Aerodynamic Admittance Models for Buffeting Excitation of High and Slender Structures., Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, 2007, 73-90.
- [13] PEIL, U.; Windlastgutachten für das Schiffshebewerk Niederfinow. 2001, unveröffentlicht.
- [14] PEIL, U. & M. URBAN: Bewertung des Erdbebenrisikos von historischen Bauwerken. Bautechnik, 2007, 169-181.

- [15] PETRACHECK, A. : Naturgefahren in den Alpen - Risiken und Schäden.
Internet:: http://www.umweltdachverband.at/schwerpunkte/ausverkauf/htm_ordner/petrascheck.htm.